

人工構造物を用いた粗度差の発生に関する基礎的研究

九州大学 工学部 学生員 ○川崎 昌三
 九州共立大学 工学部 正 員 栗谷 陽一
 九州大学 工学部 正 員 小松 利光
 九州大学 工学部 正 員 藤田 和夫
 九州大学 工学部 正 員 朝位 孝二

1. はじめに

内湾のような閉鎖性海域の奥部では停滞水域となっており水質の悪化を招いている。このような海域において、一方向の流れを定常的に発生させることは、水質浄化のための有効な方法の一つである。博多湾においても現在、湾奥部において人工島建設計画が進められており、人工島背後に停滞水域が発生することによる水質の悪化が危惧されている。著者らは、このような問題に対処するために、潮流流の向きに応じて抵抗の異なる人工粗度を人工島周辺に設置することにより、人工島背後に一方向流れを発生させる方法を提案し、流れの方向による粗度係数の差が $\Delta n = 0.005$ 以上であれば明瞭な一方向流れが発生すること、また単一粗度の場合 $1/4$ 円柱粗度が流れの方向の変換によるエネルギー損失水頭の差異が大きくなる粗度形状であることを報告した¹⁾。今回は $1/4$ 円柱粗度を用いて流向の変換によるエネルギー損失水頭の差異が最も大きくなるような人工粗度の配列を求める実験を行った。

2. 実験方法および結果

最適な粗度間隔を調べるための実験を行った。実験水路は、幅 B が 25 cm 、深さ 25 cm 、長さ 8.0 m 、底面勾配が $1/1900$ の亚克力製水路に図-1に示すように $1/4$ 円柱粗度を等間隔に左右対称に水路両側面に取り付けたものである。側壁からの粗度の突出高さ k を 3.0 cm に固定し、粗度間隔 s を変化させた。測定項目は、流量 Q 、水深 h 、動水勾配 I を測定した。流れは等流が実現されているとみなして、測定項目から

$$n_e = \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{v} \quad (1)$$

により水路全体のマンニングの粗度係数 n_e を求め、

$$n = \left\{ \frac{(B+2h)n_e^{3/2}}{2h} - \frac{(B-2k)n_s^{3/2}}{2h} \right\}^{2/3} \quad (2)$$

により、人工粗度の粗度係数を求めた。ここに R : 径深、 v : 平均流速、 n_e : 人工粗度を取り付けていない場合の水路のマンニングの粗度係数である。水路幅は死水領域を考慮して $B-2k$ とした。実験結果を図-2・1に示す。また、図-2・2に順流と逆流の場合のマンニングの粗度係数の差を示す。これより、 s/k が $4 \sim 8$ のあたりで粗度係数の差は最大となることがわかった。

次に s/k をマンニングの粗度係数の差が最大になる4に固定し、左右の粗度をずらす実験を行った。図-3に示しているようにずらした間隔を Δ とし、 Δ/s を $0 \sim 1$ まで変化

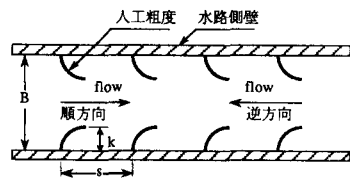


図-1 実験水路

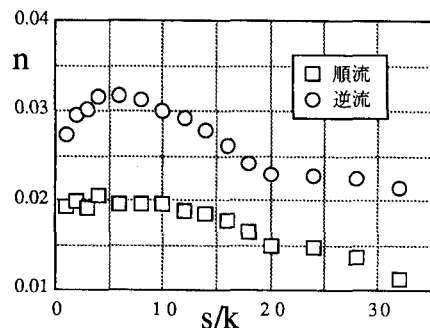


図-2・1 方向による マンニングの粗度係数

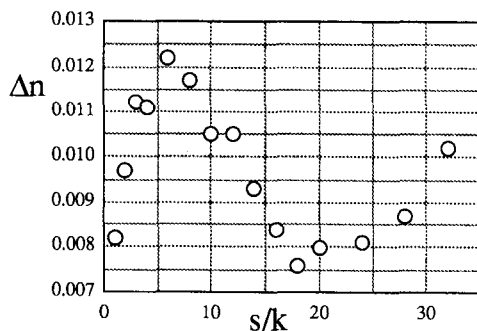


図-2・2 粗度係数の差

させた。結果は図-4・1に示す。また、図-4・2に順流と逆流との場合のマニングの粗度係数の差を示す。これより、今回の実験条件では、粗度をずらしても明瞭な変化は表れないことがわかった。

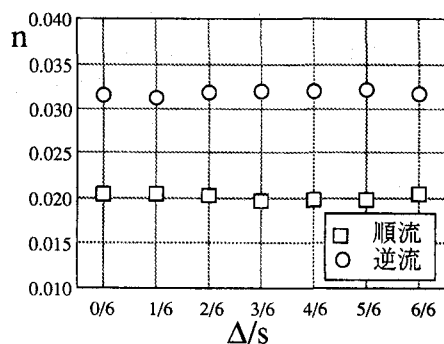


図-4・1 粗度をずらした場合のマニングの粗度係数

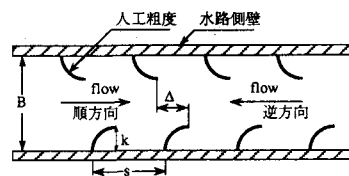


図-3 実験水路 (ずらした場合)

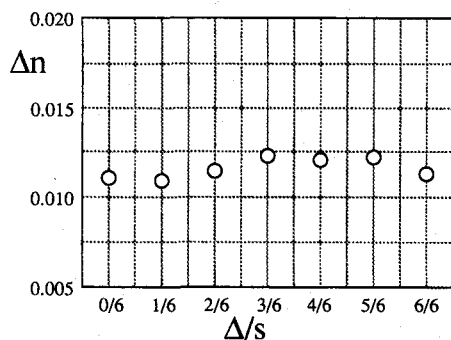


図-4・2 粗度係数の差

3. 数値計算

任意形状、任意配置の粗度を設置した場合の流向やエネルギー損失を調べたり、実海域に粗度を設置した際にどのような恒流が発生するかをシミュレートする場合は数値計算が有効な手段である。計算に用いる基礎式は平面2次元のx, y方向の運動方程式と連続の式である。それらを以下に示す。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{M}{h} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{N}{h} \frac{\partial M}{\partial y} = -gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad (3)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{M}{h} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{N}{h} \frac{\partial N}{\partial y} = -gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_t \frac{\partial N}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_t \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

$$\nu_t = \alpha V_{\max} h \quad (6)$$

ここに、 $\zeta(x, y, t)$ は水位、 $h(x, y, t)$ は水深、 $M(x, y, t)$ 、 $N(x, y, t)$ はそれぞれx方向、y方向の線流量、 $\nu_t(x, y)$ はみかけの2次元粘性係数、 $V_{\max}$ は最大流速($=\sqrt{2} \sqrt{U^2 + V^2}$)、 τ_{bx} 、 τ_{by} はそれぞれx方向、y方向の底面せん断応力である。実海域をシミュレートする場合は、コリオリ力や淡水供給量を適宜付け加えればよい。

単一1/4円柱粗度を設置した場合の流向をシミュレートした。数値計算の結果は当日発表する。

4・まとめ

実験により、流れの向きの転換によってマニングの粗度係数が最も大きくなる1/4円柱粗度の配列は、 s/k が4～8のあたりであることがわかった。また粗度をずらすことの効果は本実験の場合は、ほとんど表れないことがわかった。しかしながら、これらの結果は B/k 、 B/h などのパラメータへの依存性を考慮していない。今後の課題としたい。

〈参考文献〉

- 1) 荒木 修・他4名；平成3年度 土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.250～pp.251